

PIERRE
AUGER
OBSERVATORY

FLUORESCENČNÍ DETEKTOR

Zdroj - jako dráha průletu meteoru ale mnohem rychlejší a slabší

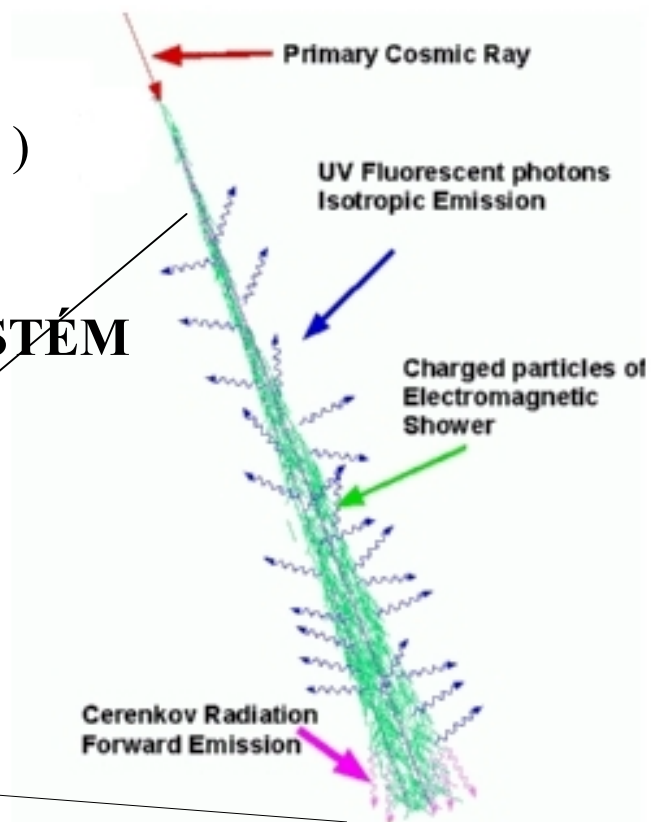
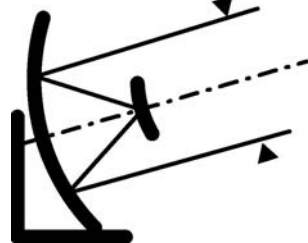
Detektor - vysoce citlivý → matice fotonásobičů (obdoba CCD)

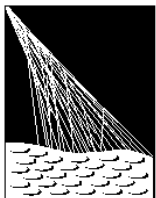


Teleskop - velká „sběrná“ plocha (apertura)

- velké úhlové zorné pole

VYSOCE SVĚTELNÝ OPTICKÝ SYSTÉM





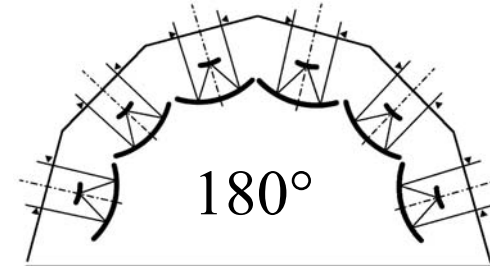
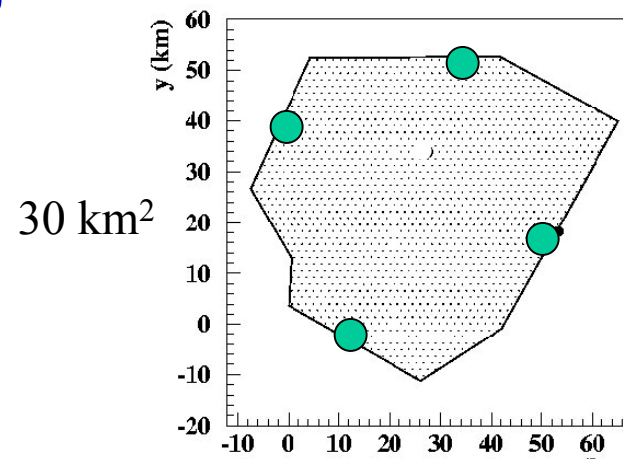
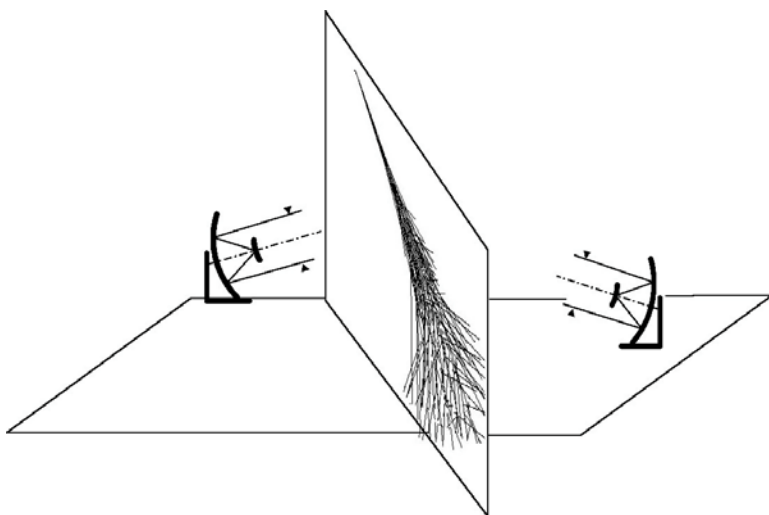
PIERRE
AUGER
OBSERVATORY

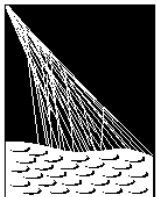
ROZMÍSTĚNÍ FLUORESCENČNÍCH TELESKOPŮ

Celkem 4 „observatoře“ se 6 teleskopy pozorují oblohu od obzoru do 30° .

Každý teleskop má zorné pole $30^\circ \times 30^\circ$.

Rozmístění observatoří umožňuje současné „stereo“ pozorování stejné spršky.





PIERRE
AUGER
OBSERVATORY

POUŽITÝ OPTICKÝ SYSTÉM

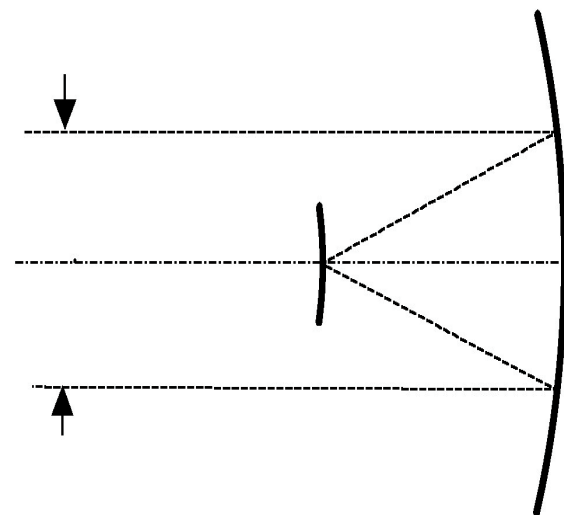
Podle **Pierre Auger Project Design Reportu** detektor vyžaduje optickou soustavu s velkým zorným polem ($30^\circ \times 30^\circ$) a velkým vstupním otvorem (1.5 m^2 „sběrná“ plocha). Dále minimální úhlovou rozlišovací schopnost 1.5° (velikost „pixelu“). Systém musí být vysoce světelný. Velikost obrazu bodu (spot) musí být okolo $1/3$ velikosti pixelu ($\beta = 0.5^\circ$). „Pixel“ = okénko PMT.

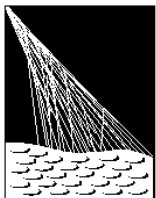
SCHMIDTOVA KAMERA BEZ KOREKČNÍ DESKY.

„Sběrná plocha 1.5 m^2 \rightarrow Clona $D \sim 1.7 \text{ m}$ \rightarrow relativní apertura $f_{no} \sim 1$ “

Výsledné parametry :

- ohnisková vzdálenost $f = 1700 \text{ mm}$,
- průměr vstupní apertury $D = 1700 \text{ mm}$,
- FOV $30^\circ \times 30^\circ$ (reálně poloviční FOV = 20°),
- poloměr křivosti zrcadla $R = 3400 \text{ mm}$,
- plocha zrcadla $3500 \text{ mm} \times 3500 \text{ mm}$,
- poloměr křivosti kamery s PMT $R_c = 1742 \text{ mm}$.





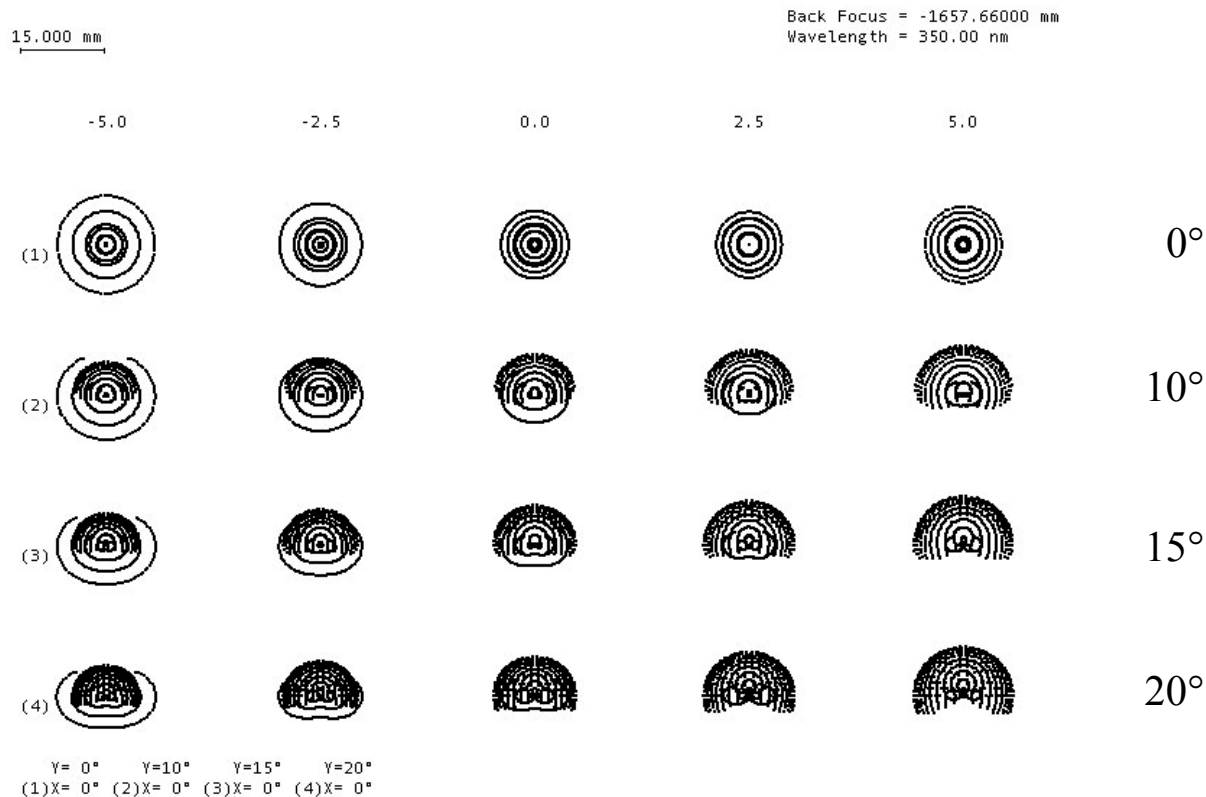
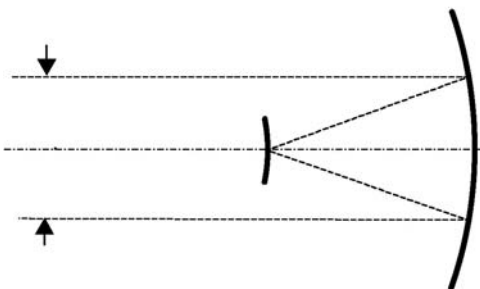
PIERRE
AUGER
OBSERVATORY

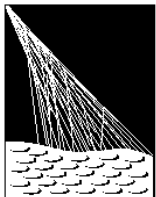
SCHMIDT BEZ KOREKČNÍ DESKY

Má pouze otvorovou vadu a křivost obrazového pole
velikost spotu je „stejná“ i pro velké zorné úhly.

Spot diagramy

Velikost spotu
 $0.5^\circ \sim 15 \text{ mm}$
 $f' = 1700 \text{ mm}$





PIERRE
AUGER
OBSERVATORY

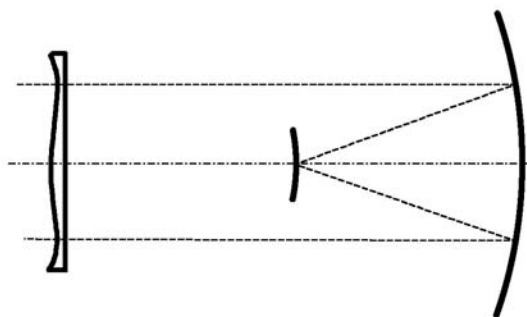
SCHMIDT - KLASICKÁ STAVBA

Pro FOV větší než 7° je nevhodná - velké mimosové vady

Korekční deska je velká - obtížná realizace.

$$f_{no} = 1$$

Poloviční
FOV = 20°



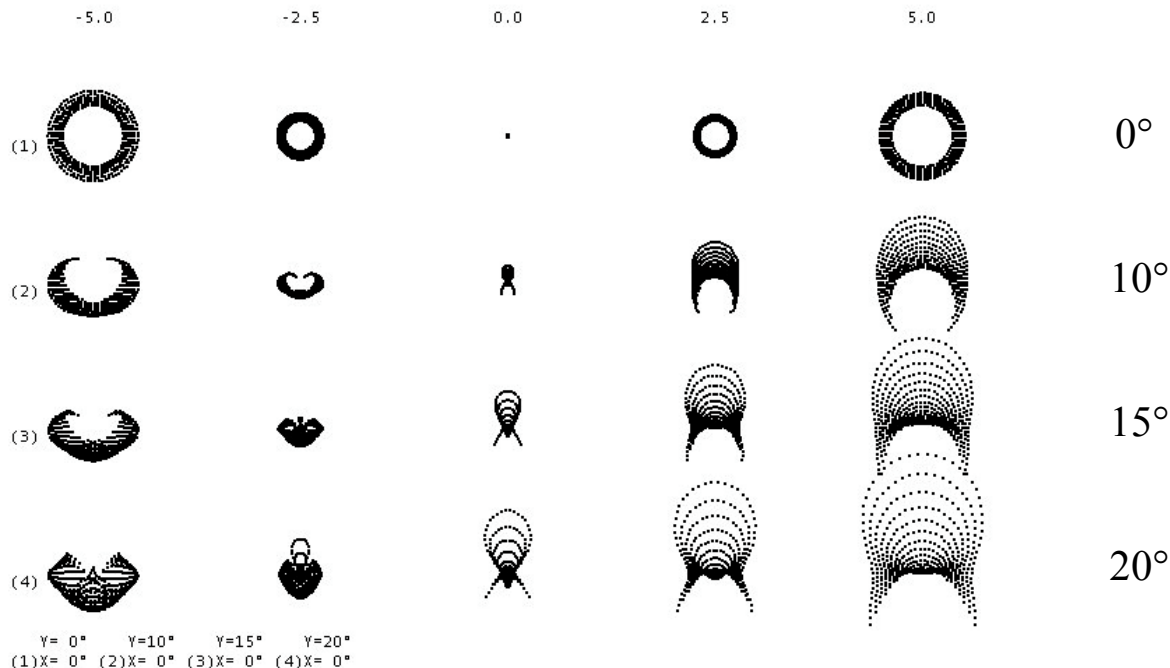
Profil Schmidtovy desky :

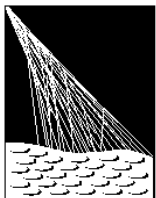
$$Z = A y^2 + B y^4 + C y^6$$

Spot diagramy

5,000 mm

Back Focus = -1657.66314 mm
Wavelength = 350.00 nm





PIERRE
AUGER
OBSERVATORY

VYLEPŠENÝ OPTICKÝ SYSTÉM

Neobvyklé řešení

Korekční prvek nezmenšuje velikost stopy, ale zvětšuje světelnost soustavy při zachování velikosti stopy.

Do místa vstupní apertury je umístěn korekční člen ve tvaru mezikruží

- dvojnásobné zvětšení „sběrné“ plochy

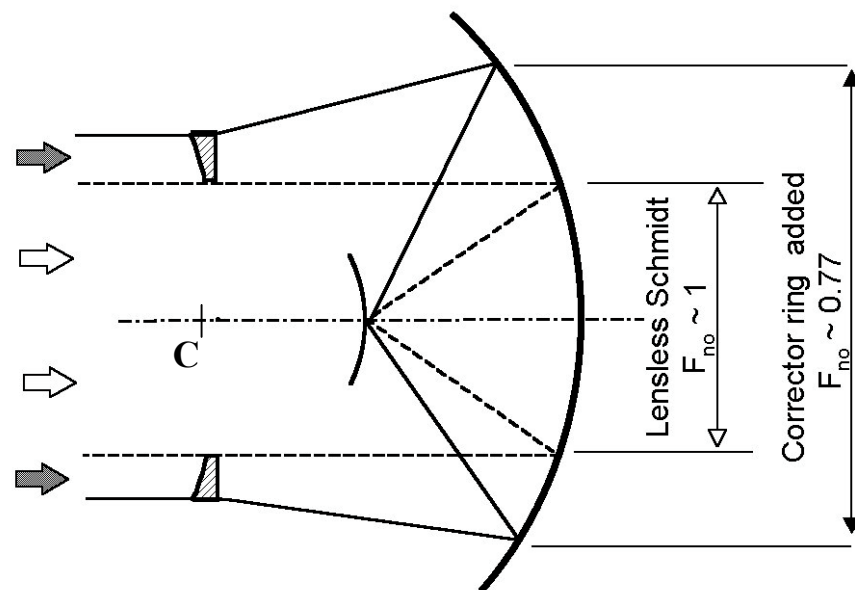
- původní parametry jsou zachovány :

Poloměr křivosti zrcadla $R = 3400$ mm

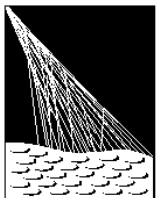
Zakřivení kamery PMT $R_c = 1742$ mm

zorné pole $FOV = 30^\circ \times 30^\circ$

Velikost stopy 0.5° (15 mm)



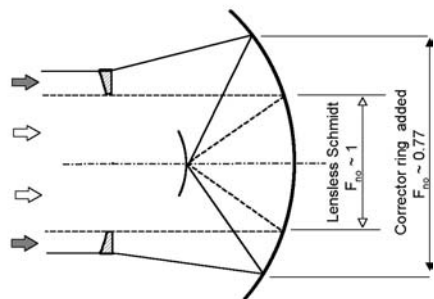
$$f_{no} \sim 0.77$$



PIERRE
AUGER
OBSERVATORY

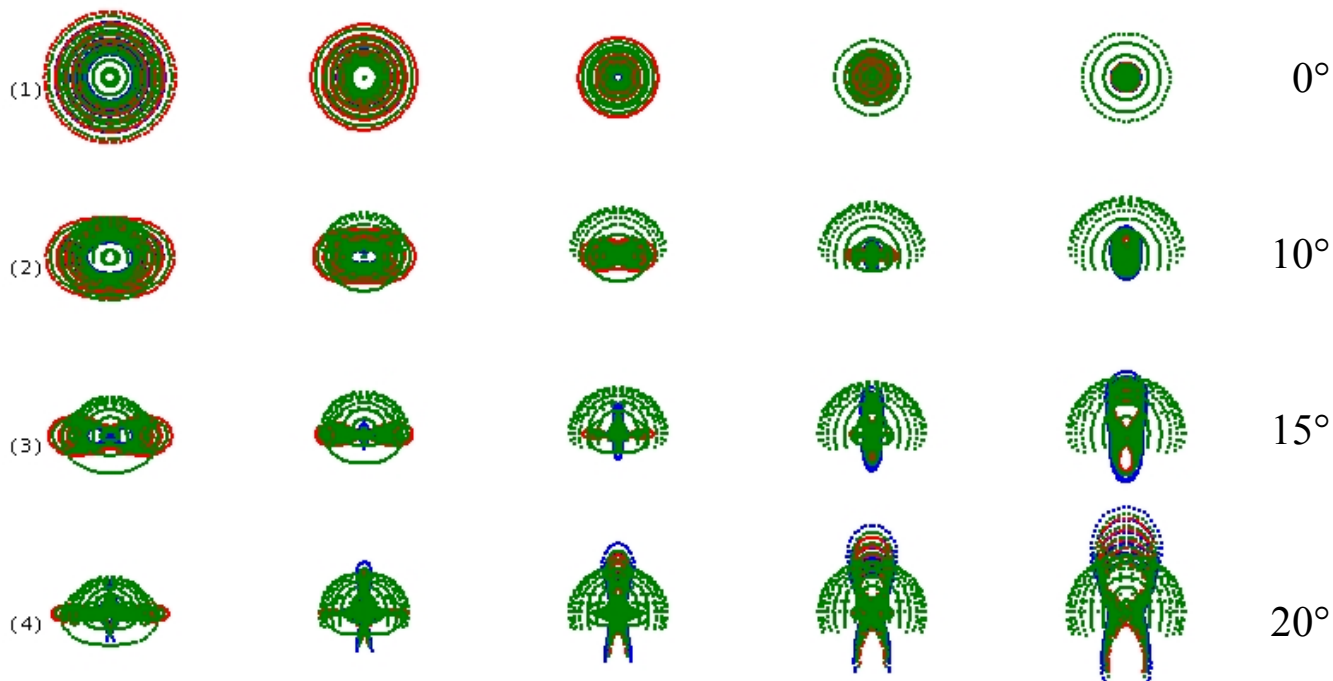
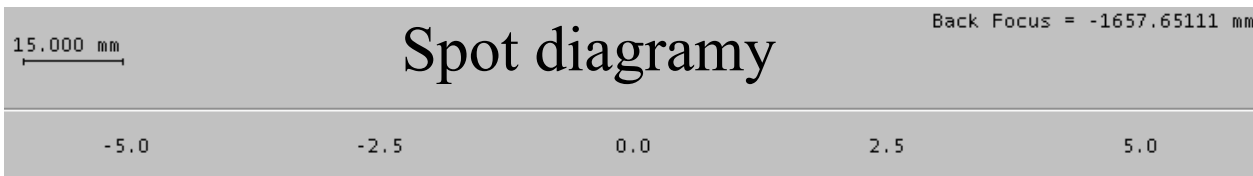
VYLELŠENÝ OPTICKÝ SYSTÉM

Spoty od korekčního prstence překrývají spoty původního řešení bez korekční desky

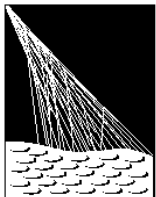


Profil desky :

$$Z_1 = A_1 y^2 + B_1 y^4 + C_1 y^6$$



Y= 0° Y=10° Y=15° Y=20°
(1)X= 0° (2)X= 0° (3)X= 0° (4)X= 0°



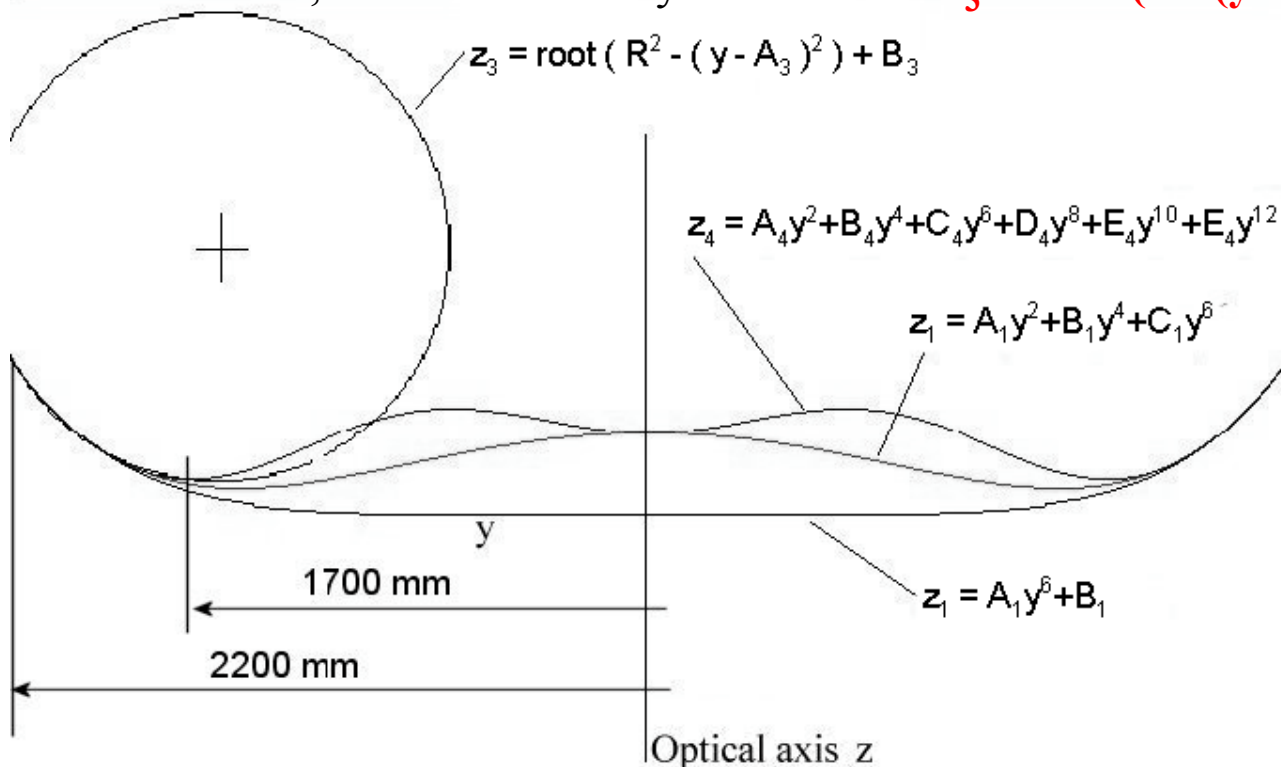
PIERRE
AUGER
OBSERVATORY

MODIFIKACE PROFILU KOREKČNÍ DESKY

Využívá se jen okrajová část korekční desky → **modifikace tvaru.**

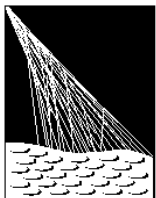
1, $Z_1 = A_1 y^2 + B_1 y^4 + C_1 y^6$ lze nahradit $Z_2 = A_2 y^6 + B_2$.

2, Náhrada kruhovým obloukem $Z_3 = \text{root}(R^2 - (y - A_3)^2) + B_3$ **TOROID**



Řešení 2, podstatně zjednodušuje výrobu korekčního prstence !

Fakticky umožnilo praktickou realizaci.

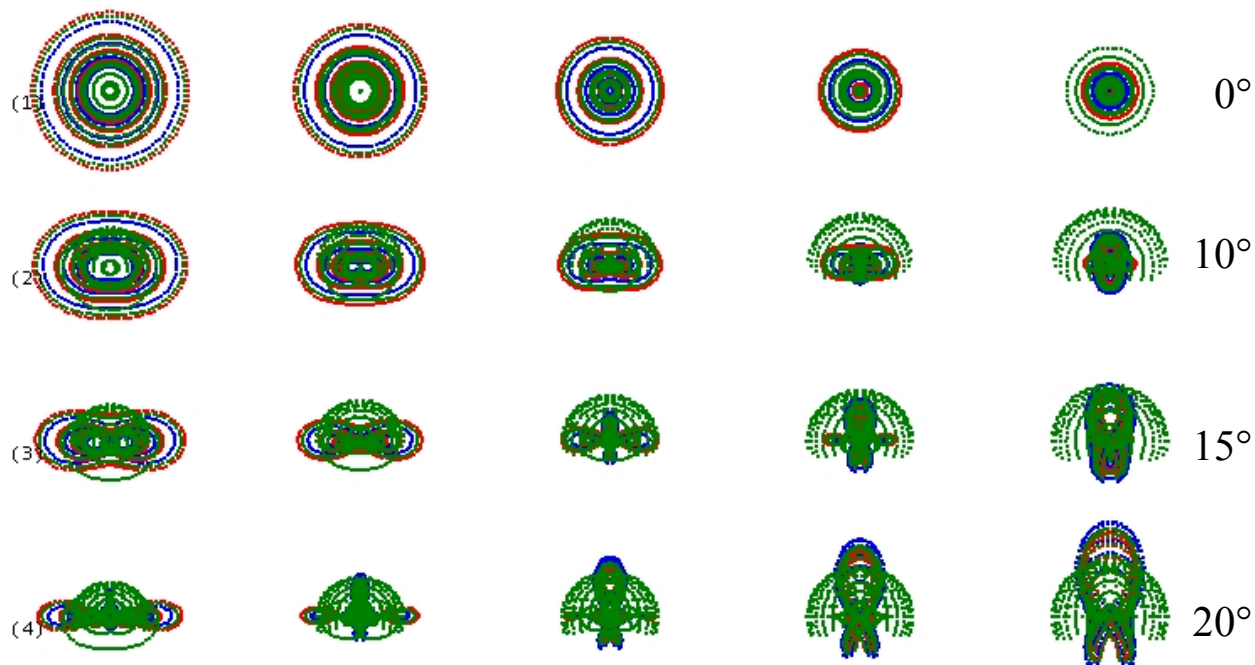
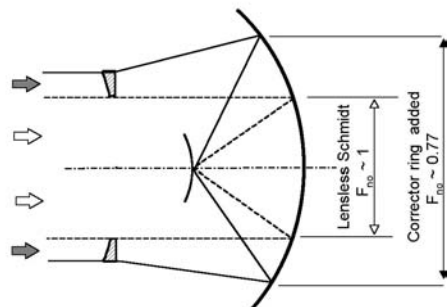
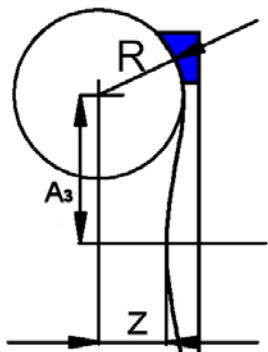
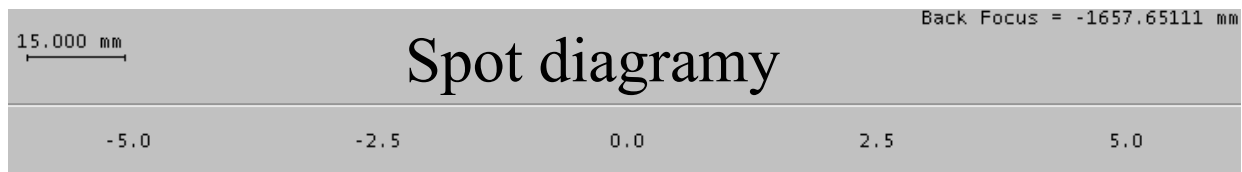


PIERRE
AUGER
OBSERVATORY

PROFIL $Z_3 = \text{root} (R^2 - (y - A_3)^2 + B_3)$

Aproximace asférického profilu kruhovým obloukem.

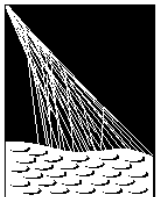
Spoty nejsou danou aproximací výrazně ovlivněny



Y= 0° Y=10° Y=15° Y=20°
 (1)X= 0° (2)X= 0° (3)X= 0° (4)X= 0°

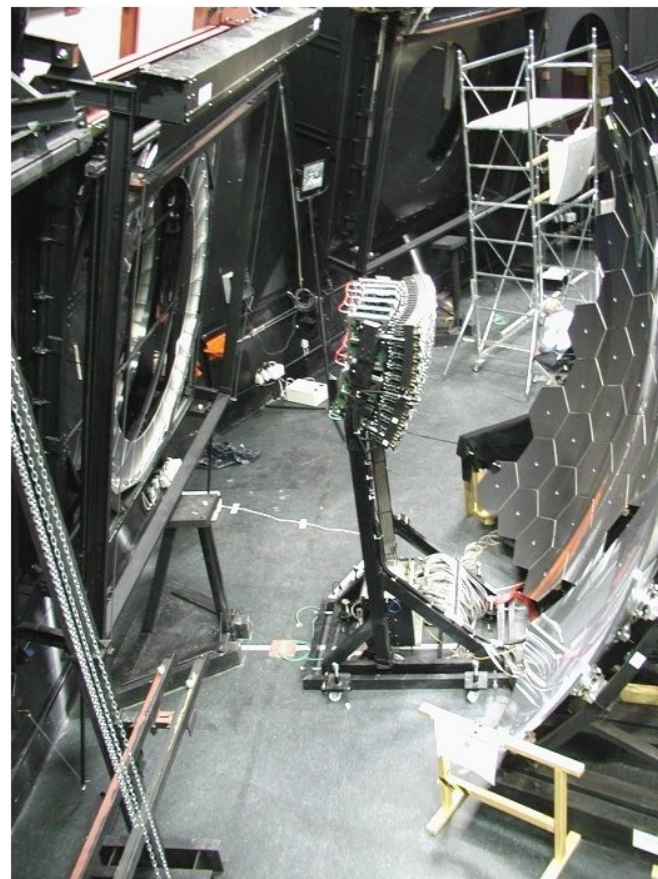
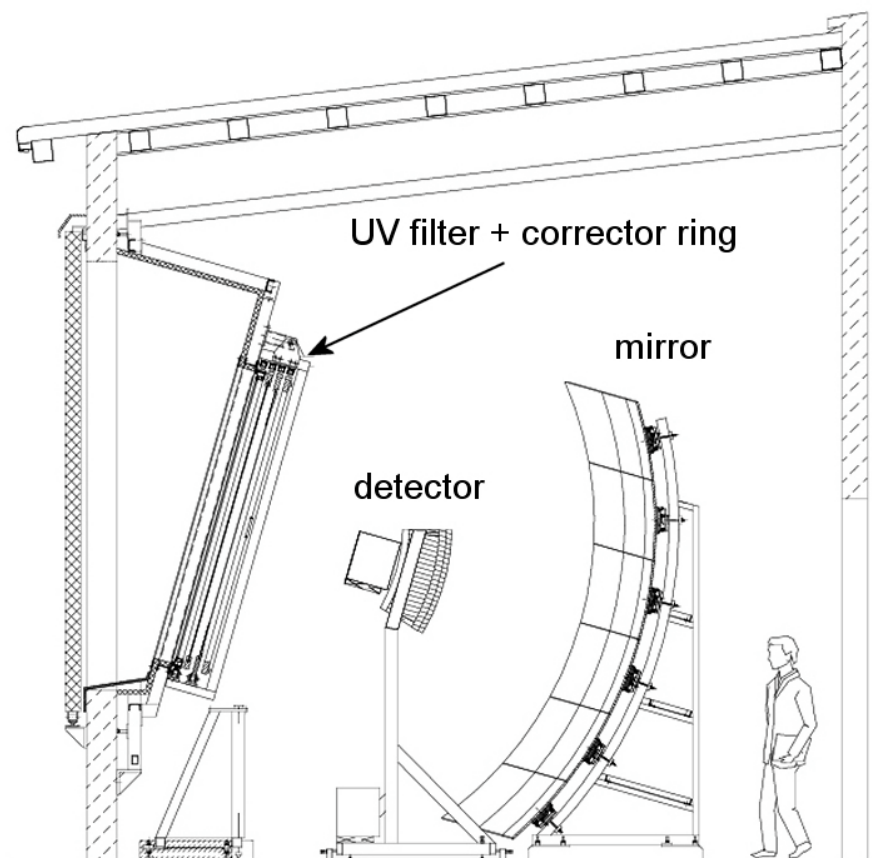
Profil desky :

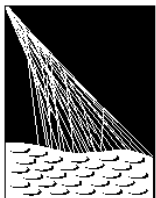
$$Z_3 = \text{root} (R^2 - (y - A_3)^2 + B_3)$$



PIERRE
AUGER
OBSERVATORY

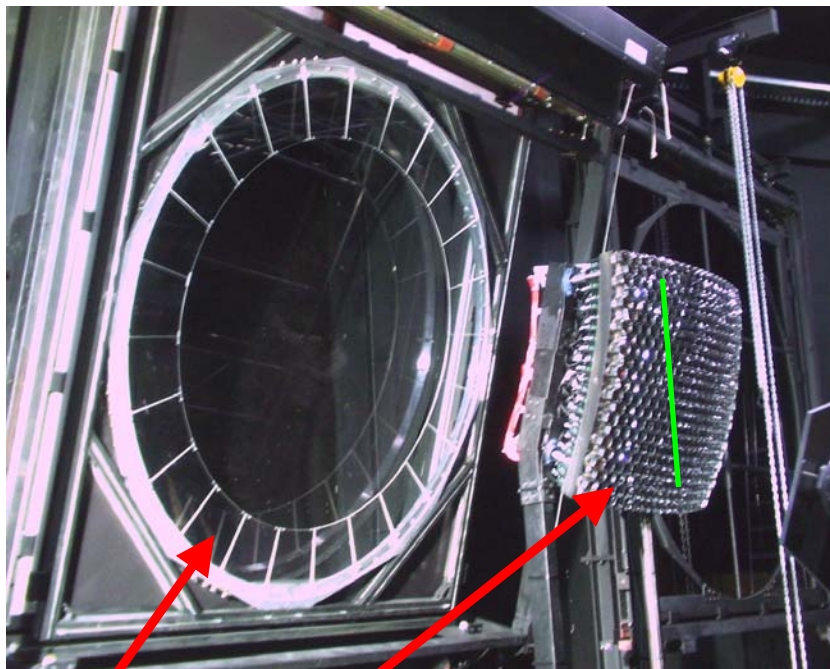
PROTOTYP TELESKOPU





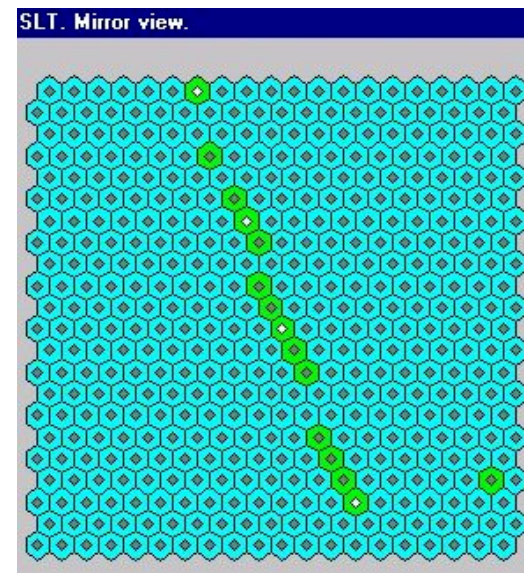
PIERRE
AUGER
OBSERVATORY

ZOBRAZENÍ SPRŠKY V TELESKOPU

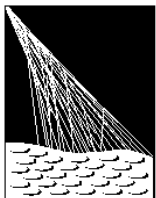


Korekční
prsteneček 24
segmentů

Kamera - matice 440 PMT

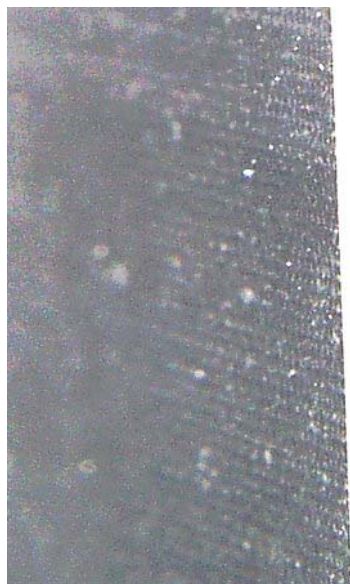


Obraz „spršky“ na kameře



PIERRE
AUGER
OBSERVATORY

REALIZACE PRSTENCE

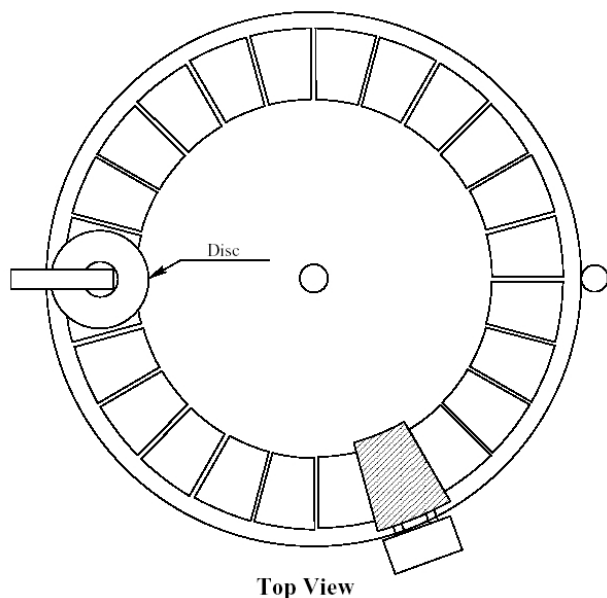


PROTOTYP - Karlsruhe (Německo)

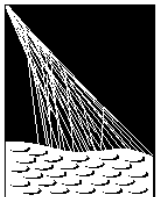
Segmenty vyráběny kus po kuse jedno-hrotovým obráběním ze speciálního PMMA propouštějícího UV záření podle tvaru navrženého českou skupinou AUGER $Z_2 = A_2 y^6 + B_2$ (**asférická plocha**).
Velmi drahá technologie i materiál. Nedokonalý povrch způsobuje vznik parazitního záření (stopy po nástroji podobné difrakční mřížce).

FINÁLNÍ VERZE - Campinas (Brazílie)

Segmenty vyráběny najednou (24 kusů) rotačním brusným nástrojem, ze skla BK7 (SCHOTT). Technologie vychází z možnosti náhrady asférického profilu kruhovým obloukem navrženého českou skupinou AUGER $Z_3 = \text{root}(R^2 - (y - A_3)^2) + B_3$ (**torická plocha**).

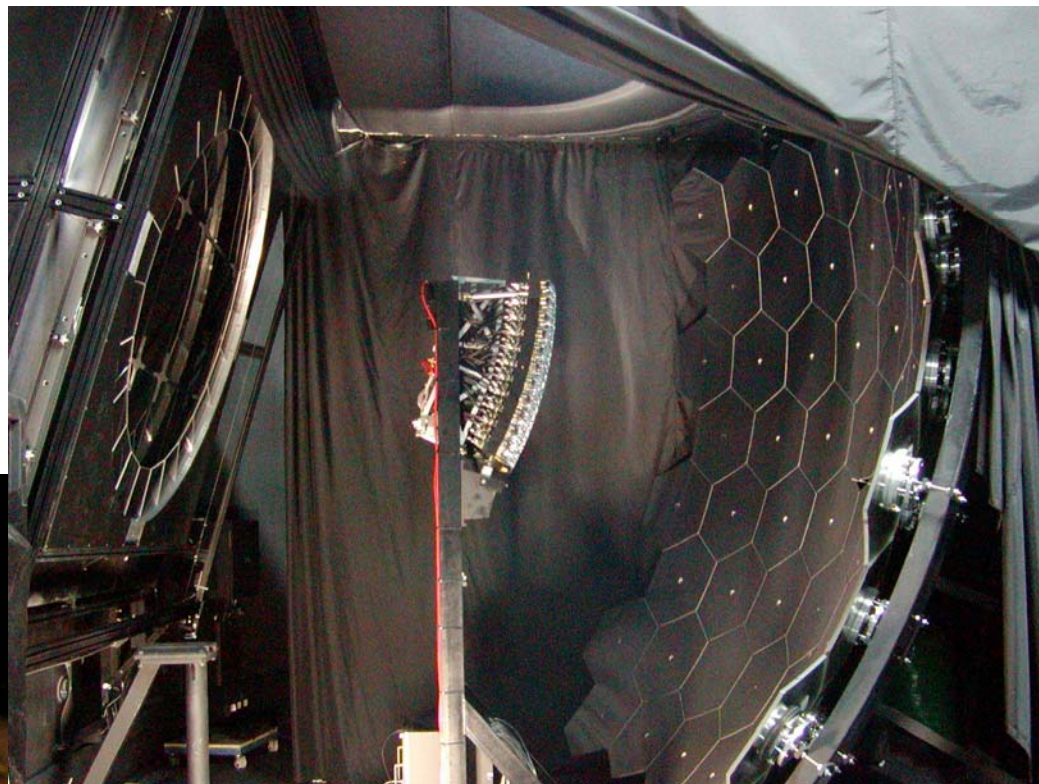
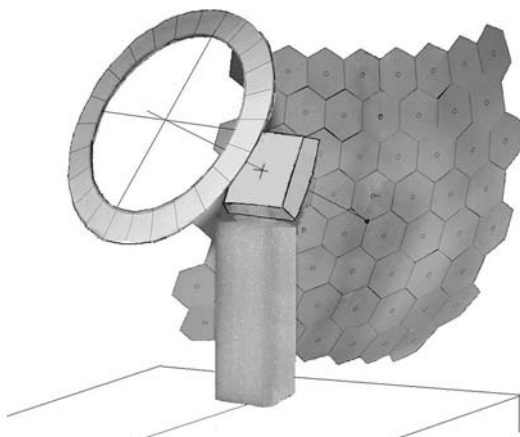


Top View



PIERRE
AUGER
OBSERVATORY

FD TELESKOP S ČESKÝMI ZRCADLY



Test kvality českých
zrcadel - obraz notebooku